

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 554 494 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92102094.7**

(51) Int. Cl.⁵: **H03H 21/00**

(22) Anmeldetag: **07.02.92**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.08.93 Patentblatt 93/32

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
W-8000 München 2(DE)

(72) Erfinder: **Lucioni, Gonzalo, Dr.-Ing.**

Wasserstrasse 420a

W-4630 Bochum(DE)

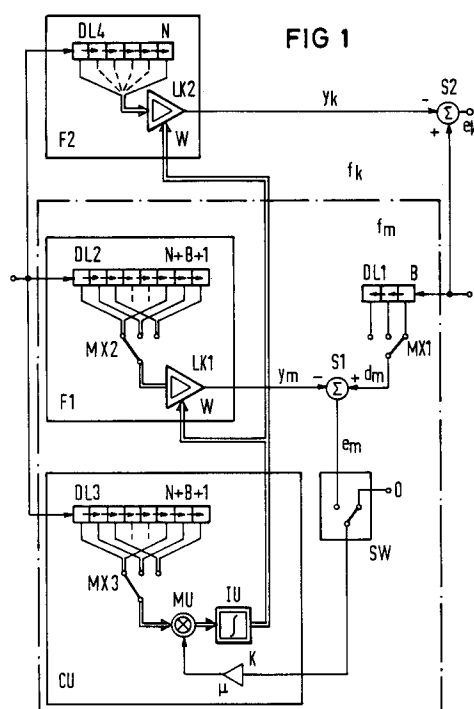
Erfinder: **Gazsi, Lajos, Dr.-Ing.**

Faunastrasse 23

W-4000 Düsseldorf(DE)

(54) **Adaptives nichtrekursives Digitalfilter.**

(57) Digitalfilter mit einer Filtereinheit (F1) mit N steuerbaren Filterkoeffizienten (W) und einer Steuereinheit (CU), die die Filterkoeffizienten (W) abhängig von einem an die Filtereinheit (F1) angelegten Eingangssignal (x_k) mit gegebener Abtastrate (f_k) sowie von der Differenz zwischen einem Referenzsignal (E_k) und einem von der Filtereinheit (F1) abgegebenen Ausgangssignal (y_m) entsprechend den jeweils kleinsten mittleren Fehlerquadraten steuert, wobei Filtereinheit (F1) und Steuereinheit (CU) bei erhöhter Abtastrate (f_m) das Eingangssignal (x_k) und das Referenzsignal (d_k) fortlaufend mit zyklisch sich verändernder Verzögerung abtasten, und mit einer bei der gegebenen Abtastrate (f_k) betriebene, weitere Filtereinheit (F2) mit N ebenfalls durch die Steuereinheit (CU) gesteuerten Filterkoeffizienten (W) als eigentlichen Signalfilter.



EP 0 554 494 A1

Die Erfindung betrifft ein adaptives nichtrekursives Digitalfilter nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 7.

Adaptive Digitalfilter sind in vielen Bereichen der zeitdiskreten Signalverarbeitung, insbesondere in den Bereichen Systemanalyse, Echokompensation bei Zweidraht-Vierdrahtübergängen, Leitungsentzerrung und Sprachverarbeitung von großer Bedeutung. Das Charakteristikum solcher adaptiver Digitalfilter im Vergleich zu konstanten Digitalfiltern ist, daß die Filterparameter, welche die Übertragungseigenschaften bestimmen, gegenüber einem Gütefunktional optimal eingestellt werden. Ein derartiges Gütefunktional ist beispielsweise dadurch gegeben, daß der mittlere quadratische Fehler des Ausgangssignals des adaptiven Digitalfilters gegenüber einem Referenzsignal minimiert wird.

Dieses allgemein als Least-Mean-Square-Algorithmus oder kurz als LMS-Algorithmus bekannte Verfahren ist beispielsweise bei B. Widrow, S.D. Stearns, Adaptive Signal Processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1985, insbesondere Seiten 99 bis 114, beschrieben. Auf Seite 290 der gleichen Veröffentlichung ist zudem in einem Blockdiagramm die Realisierung eines nach dem LMS-Algorithmus verfahrenen adaptiven nichtrekursiven Digitalfilters gezeigt, bestehend aus einer Filtereinheit mit steuerbaren Filterkoeffizienten und einer Steuereinheit, die die Filterkoeffizienten abhängig von einem an die Filtereinheit angelegten Eingangssignal sowie von der Differenz zwischen einem Referenzsignal und einem von der Filtereinheit abgegebenen Ausgangssignal entsprechend den jeweils kleinsten mittleren Fehlerquadraten steuert.

Der LMS-Algorithmus zeichnet sich zwar gegenüber anderen Verfahren, wie etwa dem Newton-Verfahren, durch einen geringeren Aufwand bei der Realisierung aus, weist jedoch nicht immer zufriedenstellende Konvergenzeigenschaften auf. Darüber hinaus geht der LMS-Algorithmus von der Annahme stationärer, stochastischer Signale aus. Das Anwendungsgebiet für nach dem LMS-Algorithmus arbeitende adaptive nichtrekursive Digitalfilter wird dadurch stark eingeschränkt.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein adaptives nichtrekursives Digitalfilter anzugeben, das diesen Nachteil nicht aufweist.

Die vorstehend aufgezeigte Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen adaptiven nichtrekursiven Digitalfilter durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 bzw. des Patentanspruchs 7 gelöst.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert, wobei gleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen sind. Es zeigt:

Figur 1 eine erste, allgemeine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen adaptiven nichtrekursiven Digitalfilters in einem Blockdiagramm und

Figur 2 eine zweite, konkrete Ausführungsform eines erfindungsgemäßen adaptiven nichtkursiven Digitalfilters in einem Blockdiagramm.

Ein erfindungsgemäßes adaptives nichtrekursives Digitalfilter weist gemäß Figur 1 eine Filtereinheit F1 mit N steuerbaren Filterkoeffizienten W und eine Steuereinheit CU, die die Filterkoeffizienten W abhängig von einem an die Filtereinheit F1 angelegten Eingangssignal x_k mit gegebener Abtastrate f_k sowie von der durch einen Subtrahierer S1 gebildeten Differenz zwischen einem Referenzsignal d_k und einem von der Filtereinheit F1 abgegebenen Ausgangssignal y_m entsprechend den jeweils kleinsten mittleren Fehlerquadraten steuert, auf. Dabei werden Filtereinheit F1 und Steuereinheit CU bei einer gegenüber der Abtastrate f_k des Eingangssignals x_k entsprechend erhöhten Abtastrate f_m betrieben. Eingangssignal x_k und Referenzsignal d_k werden zwischen zwei Abtastzeitpunkten des Eingangssignals x_k fortlaufend, also mehrmals, mit zyklisch sich verändernder Verzögerung abgetastet.

Zudem ist eine bei der gegebenen Abtastrate f_k betriebene, weitere Filtereinheit F2 vorgesehen, die ebenfalls die durch die Steuereinheit CU gesteuerten Filterkoeffizienten W aufweist. Die weitere Filtereinheit F2 wird durch das Eingangssignal x_k angesteuert und gibt ein weiteres Ausgangssignal y_k ab. Außerdem ist eine durch das Referenzsignal d_k angesteuerte Verzögerungseinheit DL1 mit B Ausgängen, an denen das Referenzsignal d_k unterschiedlich verzögert anliegt, und eine nachfolgende Multiplexeinheit MX1, die mit der erhöhten Abtastrate f_m zyklisch nacheinander einen der Ausgänge der Verzögerungseinheit DL1 durchschaltet, vorgesehen.

Die Filtereinheit F1 umfaßt eine durch das Eingangssignal x_k angesteuerte Verzögerungseinheit DL2 mit N+B-1 Ausgängen, die B sich einander teilweise überlappenden Gruppen zu jeweils N aufeinanderfolgenden Ausgängen zugeordnet sind, eine nachfolgende Multiplexeinheit MX2, die mit der erhöhten Abtastrate f_k jeweils eine Gruppe von Ausgängen der Verzögerungseinheit DL2 zyklisch nacheinander und synchron zur Multiplexeinheit MX1 durchschaltet, sowie daran anschließend eine Kombiniereinheit LK1, die die jeweils durchgeschalteten Ausgänge der Verzögerungseinheit DL2 mit den jeweiligen gesteuerten Filterkoeffizienten W bewertet und additiv miteinander verknüpft. Der Ausgang der Kombiniereinheit LK1 ist auf einen Eingang des Subtrahierers S1 geführt, dessen anderer Eingang an den Ausgang der Multiplexeinheit MX1 angeschlossen ist. Die Steuereinheit CU enthält eine durch das Eingangssignal x_k angesteuerte Verzögerungseinheit DL3 mit N+B-1 Ausgängen, die B sich einander teilweise überlappenden Gruppen zu jeweils

N aufeinanderfolgenden Ausgängen zugeordnet sind, eine nachfolgende Multiplexeinheit MX3, die mit der erhöhten Abtaste f_m jeweils eine Gruppe von Ausgängen der Verzögerungseinheit DL3 zyklisch nacheinander und synchron zur Multiplexeinheit MX1 durchschaltet und daran anschließend eine Multipliziereinheit MU, die zudem unter Zwischenschaltung eines Koeffizientenglieds K mit dem Ausgang des Subtrahierers S1 verbunden ist. Schließlich ist der Multipliziereinheit MU eine Integriereinheit IU nachgeschaltet.

Die weitere Filtereinheit F2 umfaßt eine durch das Eingangssignal x_k angesteuerte Verzögerungseinheit DL4 mit N Ausgängen und eine nachfolgende Kombiniereinheit LK2, die die Ausgänge der Verzögerungseinheit DL4 mit den jeweiligen, gesteuerten Filterkoeffizienten W bewertet und additiv miteinander verknüpft. Die Filterkoeffizienten W bei den beiden Kombiniereinheiten LK1, LK2 werden durch Signale gesteuert, die an den Ausgängen der Integriereinheit IU anliegen.

In Weiterbildung der Erfindung ist eine Überwachungseinrichtung SW vorgesehen, die zwischen den Subtrahierer S1 und das Koeffizientenglied K geschaltet ist und die bei Absinken eines am Ausgang des Subtrahierers S1 auftretenden Fehlersignals e_m unter einen gegebenen Mindestbetragswert das Fehlersignal e_m gleich Null setzt.

Außerdem ist der Ausgang der Kombiniereinheit LK2, der das weitere Ausgangssignal y_k führt, mit einem Eingang eines Subtrahierers S2 verbunden, an dessen anderen Eingang das Referenzsignal d_k angelegt ist. Am Ausgang des Subtrahierers S2 tritt ein Empfangssignal e_k auf. In diesem Fall sei das Eingangssignal x_k ein Sendesignal und das Referenzsignal d_k ein mit einem Echo behaftetes Empfangssignal, wie beispielsweise bei einer Fernsprecheinrichtung. Das Empfangssignal e_k ist dabei echofrei.

Bei der Ausführungsform nach Figur 2 wurde $N = 4$ und $B = 3$ gewählt. Darüber hinaus wurden die Verzögerungseinheiten DL2, DL3, DL4 aus Figur 1 durch eine einzige Verzögerungseinheit ersetzt. Diese besteht aus fünf in Reihe geschalteten Verzögerungselementen D1 bis D5 und weist sechs Ausgänge auf, entsprechend $N+B-1 = 6$ für $N = 4$ und $B = 3$, wobei der Eingang des ersten Verzögerungselements D1 gleichzeitig auch als Ausgang Verwendung findet. Am Eingang des ersten Verzögerungselements D1 ist das Eingangssignal x_k angelegt. Die Ausgänge 1a bis 6a sind in $B = 3$ Gruppen zu je $N = 4$ Ausgängen eingeteilt. Gruppe 1 umfaßt dabei die Ausgänge 1a, 2a, 3a, 4a, Gruppe 2 die Ausgänge 2a, 3a, 4a, 5a und Gruppe 3 die Ausgänge 3a, 4a, 5a, 6a. Multiplexer MP1 bis MP4, mit jeweils $B = 3$ Eingängen und jeweils einem Ausgang schalten zyklisch mit der entsprechend erhöhten Abtaste f_m die jeweils zu einer Gruppe gehörenden Ausgänge durch. Das bedeutet, daß in einem ersten Schaltzustand der Multiplexer MP1 bis MP4 die Ausgänge 1a, 2a, 3a, 4a, in einem zweiten Schaltzustand die Ausgänge 2a, 3a, 4a, 5a, und schließlich in einem dritten Schaltzustand die Ausgänge 3a, 4a, 5a, 6a durchgeschaltet werden. Den Multiplexern MP1 bis MP4 sind jeweils zum einen Multiplizierer M1 bis M4 und zum anderen steuerbare Koeffizientenglieder K1 bis K4, mit Filterkoeffizienten W_1 bis W_4 , deren Ausgänge auf einen Addierer A1 geführt sind, nachgeschaltet. An die Ausgänge der Multiplizierer M1 bis M4, an die zudem unter Zwischenschaltung des Koeffizientenglieds K mit dem Koeffizienten μ das Fehlersignal e_m angelegt ist, sind jeweils Integrierer I1 bis I4 angeschlossen.

Der Ausgang des Addierers A1 ist auf einen Eingang des Subtrahierers S1 geführt, dessen anderer Eingang mit dem Ausgang eines Multiplexers MP5 verbunden ist. Dieser weist drei Eingänge auf, die an die Ausgänge zweier in Reihe geschalteter Verzögerungselemente D6 und D7 sowie an den Eingang des Verzögerungselements D6 angeschlossen sind. Am Eingang des Verzögerungselements D6 ist das Referenzsignal d_k angelegt. Die vier Multiplexer MP1 bis MP4, der Multiplexer MP5 die vier Integrierer I1 bis I4, die Multiplizierer M1 bis M4 sowie die Verzögerungselemente D6 und D7 bilden die Multiplexeinheiten MX2 und MX3 bzw. die Multiplexeinheit MX1 bzw. die Integriereinheit IU bzw. die Multipliziereinheit MU bzw. die Verzögerungseinheit DL1 nach Figur 1. Die Koeffizientenglieder K1 bis K4 in Verbindung mit dem Addierer A1 bilden eine Kombiniereinheit entsprechend der Kombiniereinheit LK1 nach Figur 1. Entsprechend Figur 1 ist auch in Figur 2 der Ausgang des Subtrahierers S1 auf das Schaltwerk SW geführt, das abhängig von einem Mindestbetragswert entweder das Ausgangssignal des Subtrahierers S1 oder ein Nullsignal als Fehlersignal e_m über das Koeffizientenglied an die Multiplizierer M1 bis M4 abgibt. Die Integrierer I1 bis I4, die Multiplexer MP1 bis MP5, die Multiplizierer M1 bis M4, die steuerbaren Koeffizientenglieder K1 bis K4, die Schalteinheit SW, das Koeffizientenglied K, der Addierer A1 sowie der Subtrahierer S2 in Verbindung mit den Verzögerungselementen D1 bis D7 werden mit der entsprechend erhöhten Abtaste f_m betrieben. Die Abtaste f_m hängt von der Abtaste f_k des Eingangssignals x_k sowie von der Anzahl B der Ausgänge der Verzögerungseinheit DL1 mit den Verzögerungselementen D6 und D7 sowie einem gegebenen Faktor M wie folgt ab:

$$f_m = MBf_k \quad \text{mit } M > 1 \quad (1)$$

Durch die Integrierer I1 bis I4 werden neben den Koeffizientengliedern K1 bis K4 auch Koeffizientenglieder

K5 bis K8 mit jeweils den Filterkoeffizienten W_1 bis W_4 gesteuert, deren Ausgänge auf einen Addierer A2 geführt sind, an dessen Ausgang das weitere Ausgangssignal y_k anliegt. Eingangsseitig sind die Koeffizientenglieder K5 bis K8 mit den der ersten Gruppe zugehörigen Ausgängen 1a, 2a, 3a, 4a der Verzögerungselemente D1 bis D5 verbunden.

5 Der Ausgang des Addierers A2 ist mit dem Eingang des Subtrahierers S2 verschaltet, dessen Ausgang das Empfangssignal e_k führt. Die Koeffizientenglieder K5 bis K8 in Verbindung mit dem Addierer A2 nach Figur 2 entsprechen der Kombiniereinheit LK2 nach Figur 1.

Neben einer direkten schaltungstechnischen Realisierung ist alternativ auch eine Implementierung eines erfindungsgemäßen adaptiven nichtrekursiven Digitalfilters in eine Datenverarbeitungseinrichtung, insbesondere in ein Signalprozessorsystem, möglich. Die in den Figuren 1 und 2 dargestellten Blockdiagramme können dazu ohne weiteres in entsprechende Programme umgesetzt werden. Dabei werden beispielsweise einzelne Funktionsstrukturen als Unterprogramme ausgeführt. Entsprechend vorbereitete Signalverarbeitungseinrichtungen führen dann unter Programmsteuerung fortlaufend jeweils zu diskreten Abtastzeitpunkten des Eingangssignals x_k beispielsweise die nachfolgend beschriebenen Verfahrensschritte durch. Zunächst werden Abtastwerte des Eingangssignals x_k und des Referenzsignals d_k für jeweils eine bestimmte Anzahl von Abtastzeitpunkten gespeichert. $N+B-1$ aufeinanderfolgende gespeicherte Abtastwerte des Eingangssignals x_k werden B scheinander teilweise überlappenden Gruppen zu je N Abtastwerten zugeordnet. Anschließend wird die Summe über alle einer bestimmten Gruppe angehörenden mit jeweils einem der Filterkoeffizienten W bewerteten Abtastwerte des Eingangssignals x_k , das weitere Ausgangssignal y_k ergebend, gebildet. Schließlich werden dem Faktor M entsprechend mehrmals zum einen die gespeicherten Abtastwerte des Eingangssignals x_k zyklisch und gruppenweise mit dem durch den Koeffizienten K bewerteten Fehlersignal e_m multipliziert sowie anschließend jeweils für sich die Steuersignale für die Koeffizienten W ergebend, integriert und zum anderen zyklisch und gruppenweise die Summen über alle jeweils mit einem der Filterkoeffizienten W bewerteten, der jeweiligen Gruppe angehörenden Abtastwerte des Eingangssignals x_k gebildet und diese von einem der B gespeicherten Abtastwerte des Referenzsignals d_k , das Fehlersignal e_m ergebend, subtrahiert.

In Weiterbildung der Erfindung wird das weitere Ausgangssignal y_k von dem Referenzsignal d_k , das Empfangssignal e_k ergebend, subtrahiert.

Die Erfindung ebenfalls weiterbildend ist vorgesehen, daß bei Absinken des zweiten Fehlersignals e_m unter einem gegebenen Minimalbetragswert, das Fehlersignal e_m gleich Null gesetzt wird.

Nachdem zuvor der prinzipielle Aufbau erfindungsgemäßer adaptiver nichtrekursiver Digitalfilter beschrieben worden ist, wird nun nachfolgend deren Funktionsweise formal näher dargelegt.

Ausgehend von einem nichtrekursiven Digitalfilter der zweiten kanonischen Struktur mit N Koeffizienten $w_1, \dots, w_N$, die als Koeffizientenvektor $W = (w_1, \dots, w_N)^T$ beschrieben werden können, hängen das Eingangssignal x_k und das weitere Ausgangssignal y_k in folgender Weise zusammen:

$$y_k = X_k^T \cdot W = W^T \cdot X_k \text{ mit } X_k = (x_k, x_{k-1}, \dots, x_{k-N+1})^T \quad (2)$$

40

Der Eingangssignalvektor X_k beschreibt die durch die Verzögerungseinheiten bzw. die Verzögerungselemente unterschiedlich verzögerten bzw. die gespeicherten Abtastwerte des Eingangssignals x_k . Weiterhin sei das Referenzsignal d_k , das mit dem Koeffizienten μ bewertet ist, gegeben. Gesucht wird ein Koeffizientenvektor W_{opt} , der das Fehlersignal $e_k = d_k - y_k$ über ein bestimmtes Zeitfenster von B Abtastwerten minimiert. Durch den LMS-Algorithmus ist für die Koeffizienten die folgende Adaptionvorschrift bestimmt:

45

$$W = W + \mu \cdot e_k \cdot X_k \quad (3)$$

50 Bei minimalem Fehlersignal e_k , also $e_k \text{ opt} = d_k - X_k^T W_{opt}$, so ergibt sich, daß durch die Rekursion in Gleichung (3) der Abstand von W zu W_{opt} falls sich verringert,

$$|e_k| > 2(|e_k, \text{opt}|)/(2 - a_k) = |e_{\min}| \quad (4)$$

55 ist, wobei $|e_{\min}|$ den Mindestbetragswert darstellt und wobei zu erfüllen ist, daß

$$0 < a_k < 2 \quad \text{mit} \quad (5)$$

$$a_k = \mu \cdot |X_k|^2 \quad (6)$$

Die Bedingung in Gleichung (4) ist hinreichend für die Abnahme des Abstandes zwischen W und W_{opt} . Wählt man nun in Gleichung (3) statt des Koeffizienten μ eine zeitabhängige Variable μ_k , so ändert sich Gleichung (5) zu

$$a_k = \mu_k \cdot |X_k|^2 \quad (7)$$

Die Bedingung in Gleichung (4) belegt unter anderem, daß eine Konvergenz des LMS-Algorithmus innerhalb eines Zeitfensters von B Abtastwerten, kurz Block genannt, dadurch verbessert werden kann, daß man statt einen Blockdurchlauf (wie beim LMS-Algorithmus) $M > 1$ Durchläufe macht. Diese Aussage gilt insbesondere dann, wenn Gleichung (4) "a priori" mit großer Reserve erfüllt ist. Darüber hinaus führt die Bedingung nach Gleichung (4), wenn man sie für ein erweitertes Zeitfenster betrachtet, durchaus zu einer gleichzeitigen Konvergenz des Koeffizientenvektors W gegen den optimalen Koeffizientenvektor W_{opt} der entsprechenden Blöcke, falls Gleichung (4) für die einzelnen Blöcke erfüllt ist.

Der Vorteil eines erfindungsgemäßen adaptiven nichtrekursiven Digitalfilters ist, daß eine Beschränkung auf stationäre stochastische Signale nicht gegeben ist. Die Konvergenzeigenschaften sind in jedem Betriebsfall hinreichend. Darüber hinaus besteht der erforderliche Mehraufwand lediglich in einem zusätzlichen adaptiven Hintergrundfilter und in einem zusätzlichen Speicher, so daß der anderen Verfahren gegenüber vorteilhafte, geringer Aufwand des LMS-Algorithmus weitgehend erhalten bleibt. Dies ist insbesondere dadurch der Fall, da ein erfindungsgemäßes adaptives Digitalfilter funktional identische Strukturen aufweist, die sowohl für eine direkte schaltungstechnische Realisierung, als auch für eine Implementierung in eine programmgesteuerte Signalverarbeitungseinrichtung in gleicher Weise günstig sind.

Patentansprüche

1. Adaptives nichtrekursives Digitalfilter

mit einer Filtereinheit (F1), mit N steuerbaren Filterkoeffizienten (W) und mit einer Steuereinheit (CU), die die Filterkoeffizienten (W) abhängig von einem an die Filtereinheit (F1) angelegten Eingangssignal (x_k) mit gegebener Abtastrate (f_k) sowie von der Differenz zwischen einem Referenzsignal (d_k) und einem von der Filtereinheit (F1) abgegebenen Ausgangssignal (y_m) entsprechend den jeweils kleinsten mittleren Fehlerquadraten steuert,

dadurch gekennzeichnet,

daß Filtereinheit (F1) und Steuereinheit (CU) bei entsprechend erhöhter Abtastrate (f_m) das Eingangssignal (x_k) und das Referenzsignal (d_k) fortlaufend mit zyklisch sich verändernder Verzögerung abtasten und

daß eine bei der gegebenen Abtastrate (f_k) betriebene, weitere Filtereinheit (F2) mit N steuerbaren Filterkoeffizienten (W) vorgesehen ist, an die das Eingangssignal (x_k) angelegt ist, die ein weiteres Ausgangssignal (y_k) abgibt und deren Filterkoeffizienten (W) ebenfalls durch die Steuereinheit (CU) gesteuert werden.

2. Adaptives nichtrekursives Digitalfilter nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß eine durch das Referenzsignal (d_k) angesteuerte erste Verzögerungseinheit (DL1) mit B Ausgängen und eine nachfolgende erste Multiplexeinheit (MX1), die mit der erhöhten Abtastrate (f_m) zyklisch nacheinander einen der Ausgänge der ersten Verzögerungseinheit (DL1) durchschaltet, vorgesehen ist, daß die Filtereinheit (F1) eine durch das Eingangssignal (x_k) angesteuerte zweite Verzögerungseinheit (DL2) mit $N+B-1$ Ausgängen, die B sich einander teilweise überlappenden Gruppen zu jeweils N aufeinanderfolgenden Ausgängen zugeordnet sind, eine nachfolgende zweite Multiplexeinheit (MX2), die mit der erhöhten Abtastrate (f_m) jeweils eine Gruppe von Ausgängen der zweiten Verzögerungseinheit (DL2) zyklisch nacheinander und synchron zur ersten Multiplexeinheit (MX1) durchschaltet, sowie daran anschließend eine erste Kombiniereinheit (LK1), die die jeweils durchgeschalteten Ausgänge der zweiten Verzögerungseinheit (DL2) mit den jeweiligen gesteuerten Filterkoeffizienten (W) bewertet und additiv miteinander verknüpft, aufweist, daß der Ausgang der ersten Kombiniereinheit (LK1) auf einen Eingang eines ersten Subtrahierers (S1) geführt ist, dessen anderer Eingang an den Ausgang der ersten Multiplexeinheit (MX1) angeschlossen ist, daß die Steuereinheit (CU) eine durch das Eingangssignal (x_k) angesteuerte dritte Verzögerungseinheit

(DL3) mit $N+B-1$ Ausgängen, die B sich einander teilweise überlappenden Gruppen zu jeweils N aufeinanderfolgenden Ausgängen zugeordnet sind, eine nachfolgende dritte Multiplexeinheit (MX3), die mit der erhöhten Abtastrate (f_m) jeweils eine Gruppe von Ausgängen der dritten Verzögerungseinheit (DL3) zyklisch nacheinander und synchron zur ersten Multiplexeinheit (MX1) durchschaltet, daran anschließend eine Multipliziereinheit (MU), die zudem unter Zwischenschaltung eines Koeffizientenglieds (K) mit dem Ausgang des ersten Subtrahierers (S1) verbunden ist, sowie eine der Multipliziereinheit (MU) nachgeschaltete Integriereinheit (IU) aufweist, daß die weitere Filtereinheit (F2) eine durch das Eingangssignal (x_k) angesteuerte vierte Verzögerungseinheit (DL4) mit N Ausgängen und eine nachfolgende zweite Kombiniereinheit (LK2), die die Ausgänge der vierten Verzögerungseinheit (DL4) mit den jeweiligen gesteuerten Filterkoeffizienten (W) bewertet und additiv miteinander verknüpft, aufweist, und daß die Ausgänge der Integriereinheit (IU) Signale führen, die zur Steuerung der Filterkoeffizienten (W) bei den beiden Filtereinheiten (F1, F2) vorgesehen sind.

3. Adaptives nichtrekursives Digitalfilter nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß zweite und dritte Verzögerungseinheit (DL2, DL3) sowie zweite und dritte Multiplexeinheit (MX2, MX3) durch eine gemeinsame Verzögerungseinheit (DL) bzw. eine gemeinsame Multiplexeinheit (MX) gegeben sind.

4. Adaptives nichtrekursives Digitalfilter nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß an die Stelle der vierten Verzögerungseinheit (DL4) ein Teil der gemeinsamen Verzögerungseinheit tritt, dessen Ausgänge einer bestimmten Gruppe zugeordnet sind.

5. Adaptives nichtrekursives Digitalfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

gekennzeichnet durch

eine Überwachungseinrichtung (SW), die bei Absinken eines am Ausgang des ersten Subtrahierers (S1) auftretenden Fehlersignals (e_m) unter einem gegebenen Mindestbetragswert das Fehlersignal (e_m) gleich Null setzt.

6. Adaptives nichtrekursives Digitalfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

gekennzeichnet durch

einen zweiten Subtrahierer (S2) dem das Referenzsignal (d_k) und das weitere Ausgangssignal (y_k) zugeführt werden.

7. Adaptives nichtrekursives Digitalfilter mit einer Signalverarbeitungseinrichtung, die unter Programmsteuerung aus einem Eingangssignal (x_k) in Verbindung mit N steuerbaren Filterkoeffizienten (W) ein Ausgangssignal (y_m) und in Verbindung mit einem Referenzsignal (d_k) entsprechend den jeweils kleinsten mittleren Fehlerquadraten Steuersignale zur Steuerung der Filterkoeffizienten (W) erzeugt,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Signalverarbeitungseinrichtung fortlaufend jeweils zu diskreten Abtastzeitpunkten Abtastwerte des Eingangssignals (x_k) und des Referenzsignals (d_k) für jeweils eine bestimmte Anzahl von Abtastzeitpunkten speichert,

$N+B-1$ aufeinanderfolgende gespeicherte Abtastwerte des Eingangssignals (x_k) B sich einander teilweise überlappenden Gruppen zu je N Abtastwerten zuordnet,

die Summe über alle einer bestimmten Gruppe angehörenden mit jeweils einem der Filterkoeffizienten (W) bewerteten Abtastwerte des Eingangssignals (x_k), ein weiteres Ausgangssignal (y_k) ergebend, bildet,

mehrmals (M) zum einen die gespeicherten Abtastwerte des Eingangssignals (x_k) zyklisch und gruppenweise mit einem durch einen Koeffizienten (u) bewerteten Fehlersignal (e_m) multipliziert sowie anschließend jeweils für sich, die Steuersignale für die Koeffizienten (W) ergebend, integriert und zum anderen zyklisch gruppenweise die Summen über alle jeweils mit einem der Filterkoeffizienten (W) bewerteten, der jeweiligen Gruppe angehörenden Abtastwerte des Eingangssignals (x_k) bildet und diese von einem von B gespeicherten Abtastwerten des Referenzsignals (d_k), das Fehlersignal (e_m) ergebend, subtrahiert.

8. Adaptives nichtrekursives Digitalfilter nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Fehlersignal (e_m) bei Absinken unter einen gegebenen Mindestbetragswert gleich Null gesetzt
wird.

5

9. Adaptives nichtrekursives Digitalfilter nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, daß das weitere Ausgangssignal (y_k) von dem Referenzsignal (d_k) subtra-
hiert wird.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

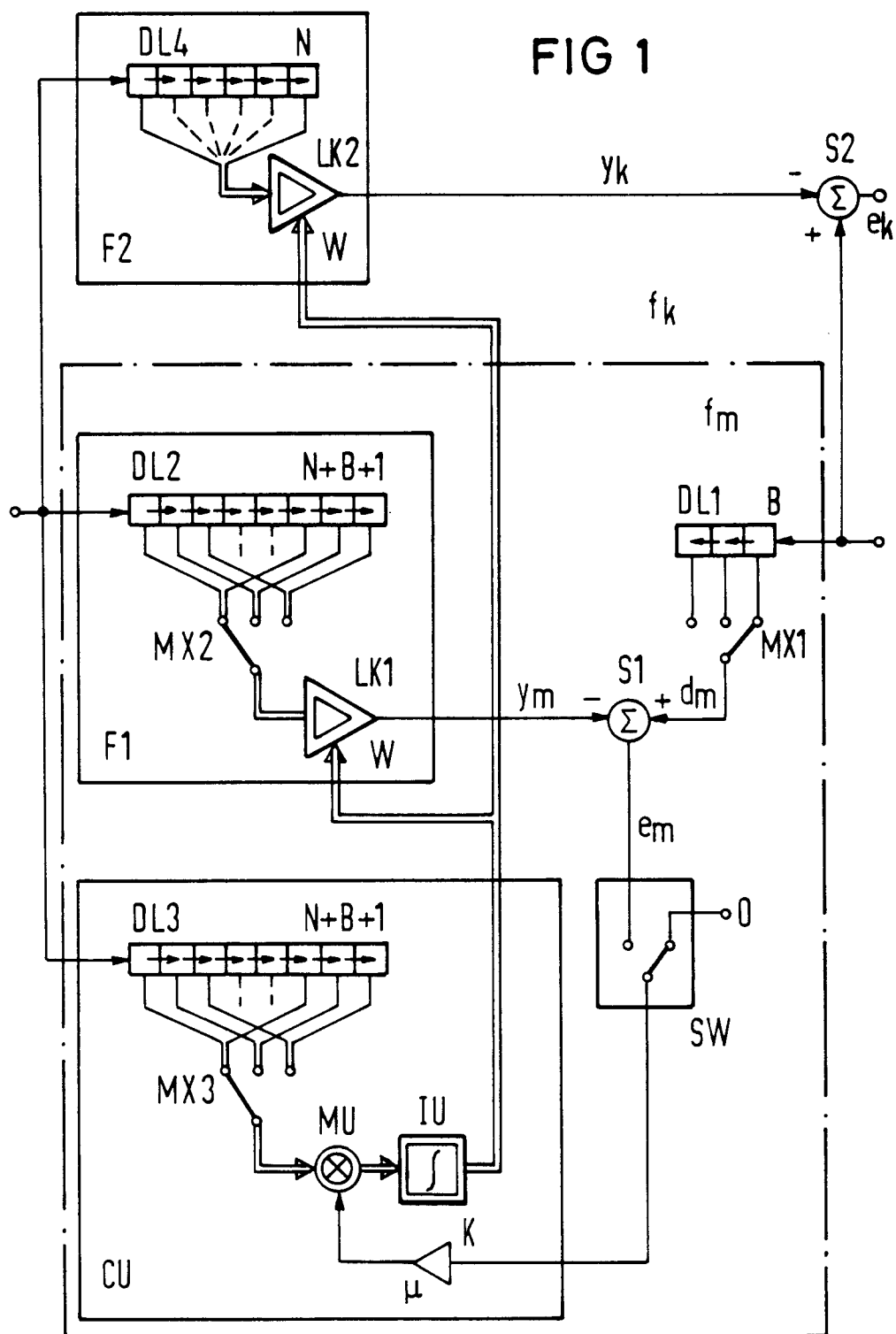
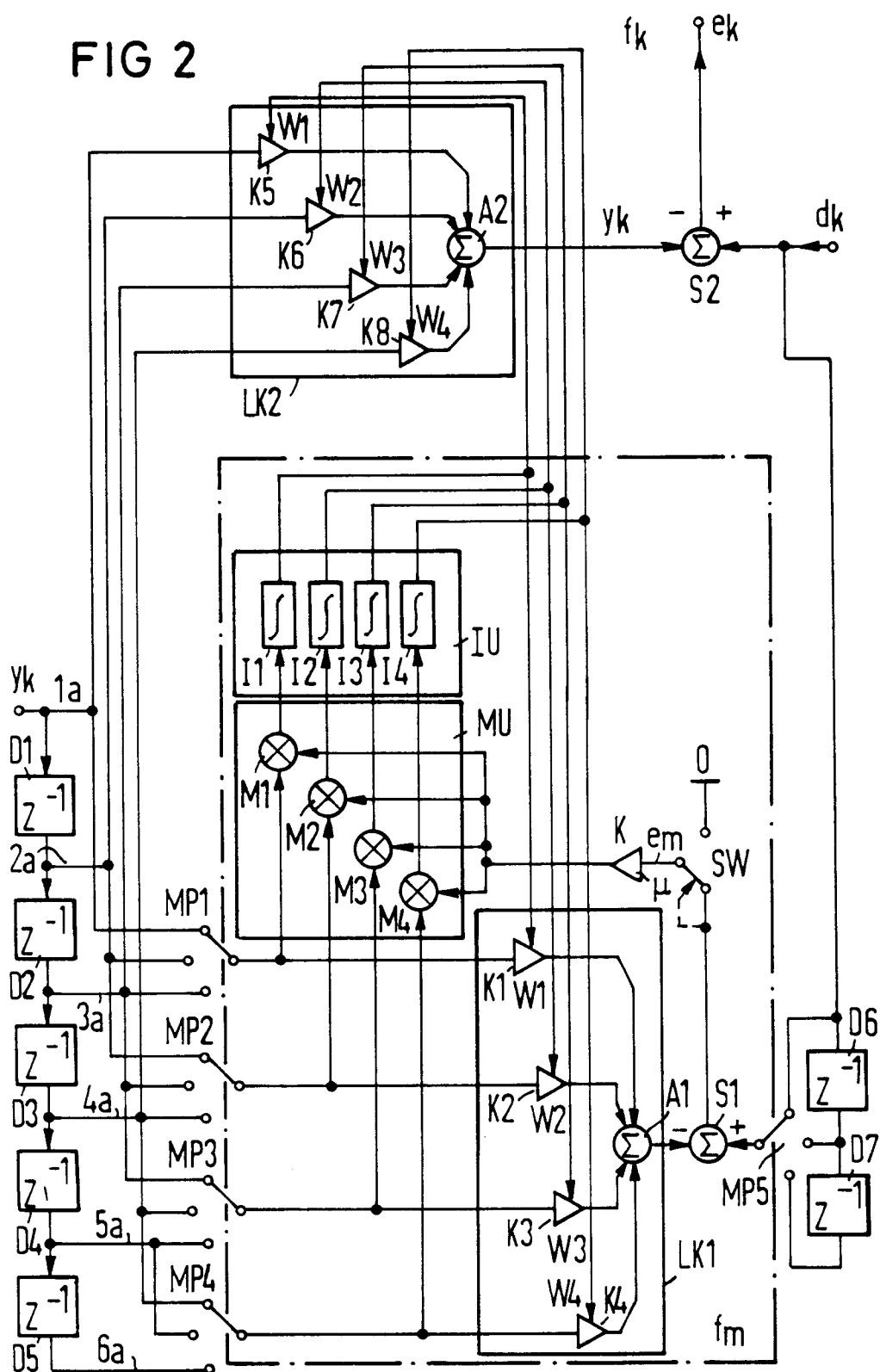


FIG 2





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 10 2094

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	EP-A-0 453 201 (MATSUSHITA) * Zusammenfassung * * Seite 3, Zeile 6 - Seite 4, Zeile 5; Abbildung 1 * ---	1,7	H03H21/00
A	IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS Bd. 34, Nr. 10, Oktober 1987, NEW YORK US Seiten 1152 - 1160 MIKHAEL ET AL 'fast algorithms for block FIR adaptive digital filtering' * Zusammenfassung * * Seite 1152, linke Spalte, Zeile 20 - Seite 1153, linke Spalte, Zeile 7 * ---	1,7	
A	EP-A-0 121 992 (ROCKWELL INTERNATIONAL) * Zusammenfassung * ---	1,7	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 15, no. 506 (E-1148)20. Dezember 1991 & JP-A-32 20 812 (NEC) 30. September 1991 * Zusammenfassung * -----	1,7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			H03H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 09 OKTOBER 1992	Prüfer WRIGHT J.P.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			